

Best Available Copy

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-102342

(43)Date of publication of application : 18.04.1995

(51)Int.Cl.

C22C 38/00  
C22C 38/46

(21)Application number : 05-269554

(71)Applicant : SANYO SPECIAL STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 01.10.1993

(72)Inventor : TAKASUGI MASASHI

TSUJII NOBUHIRO

ABE GENRYU

(54) HOT TOOL STEEL WITH HIGH TOUGHNESS

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the occurrence of large crack and breakage from a corner part of a hot working die of large size or heavy service load, caused by deficiency in toughness, and to improve toughness without deteriorating strength and wear resistance in order to improve service life.

CONSTITUTION: This steel is a high toughness hot tool steel having a composition consisting of, by weight, 0.20-0.60% C, 0.10-0.50% Si, 0.5-2.0% Mn, 0.5-2.5% Ni, 1.0-4.0% Cr, 0.05-1.00% V,  $\leq 0.01\%$  Al,  $\leq 60$ ppm N, further 0.2-2.0% Mo and/or 0.2-4.0% W (where  $1/2W + Mo = 0.2$  to 2.0% is satisfied when both are used), and the balance Fe with inevitable impurities. By reduction in Al and N contents, toughness can be remarkably improved.

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] At weight %, it is C. : 0.20 - 0.60%, Si:0.10-0.50%, Mn: 0.5-2.0%, nickel:0.5-2.5%, Cr:1.0-4.0%, V : 0.05 - 1.00%, less than [ aluminum:0.01% ], N : 60 ppm or less are contained. Furthermore, they are Mo:0.2-2.0% and W. : Tool steel between high toughness heat characterized by containing two (in however, the cases of two sorts 1/2W+Mo: 0.2 - 2.0%) of any one sort or 0.2 - 4.0% of sorts, and consisting of the remainder Fe and an unescapable impurity.

[Claim 2] At weight %, it is C. : 0.20 - 0.60%, Si:0.10-0.50%, Mn: 0.5-2.0%, nickel:0.5-2.5%, Cr:1.0-4.0%, V : [ 0.05 - 1.00%, Nb:0.01-0.15%, less than / aluminum:0.01% / , ] N 60 ppm or less are contained. Further : [ Mo:0.2-2.0%, ] W : tool steel between high toughness heat characterized by containing 0.2 - 4.0% of one sort [ any ], or two sorts (in however, the cases of two sorts 1/2W+Mo: 0.2 - 2.0%), and consisting of the remainder Fe and an unescapable impurity.

[Claim 3] At weight %, it is C. : 0.20 - 0.60%, Si:0.10-0.50%, Mn: 0.5-2.0%, nickel:0.5-2.5%, Cr:1.0-4.0%, V : [ 0.05 - 1.00%, less than / Co:2.0% / , less than / aluminum:0.01% / , ] N 60 ppm or less are contained. Further : [ Mo:0.2-2.0%, ] W : tool steel between high toughness heat characterized by containing 0.2 - 4.0% of one sort [ any ], or two sorts (in however, the cases of two sorts 1/2W+Mo: 0.2 - 2.0%), and consisting of the remainder Fe and an unescapable impurity.

[Claim 4] At weight %, it is C. : 0.20 - 0.60%, Si:0.10-0.50%, Mn: 0.5-2.0%, nickel:0.5-2.5%, Cr:1.0-4.0%, V : [ 0.05 - 1.00%, Nb:0.01-0.15%, less than / Co:2.0% / , ] aluminum: Less than [ 0.01% ], N : 60 ppm or less are contained. Further Mo:0.2-2.0%, W : tool steel between high toughness heat characterized by containing 0.2 - 4.0% of one sort [ any ], or two sorts (in however, the cases of two sorts 1/2W+Mo: 0.2 - 2.0%), and consisting of the remainder Fe and an unescapable impurity.

---

[Translation done.]

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the tool steel between [ which is used for the large-sized or, large hot-forging metal mold of a use load for hammer die forgings etc. ] the heat of especially high toughness.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although four sorts of SKT(s) or the amelioration steel type of those was used for the large metal mold of the large-sized metallic ornaments for [ which is used between heat ] hammer die forgings, or a use load from the former, there was a case where metal mold produced a large crack and a chip from the corner section with the lack of toughness depending on results, such as a service condition of the metal mold which reduced and formed the routing counter into the high cycle, and impossible diesinking accompanying complication of a product. For this reason, reduction in Si of the chemical entity of the tool steel between heat, reduction in P, reduction in C, nickel addition or increase-izing of the content of Cr, etc. is performed.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problem which this invention tends to solve is raising toughness, without preventing the large crack and chip from the corner section by the lack of the large-scale or toughness of the large metal mold of a use load, and reducing reinforcement and abrasion resistance for the improvement in a life.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to raise the toughness of the tool steel between heat, as a result of repeating many amelioration researches about the conventional steel component, in order for this invention persons to raise toughness, without reducing reinforcement and abrasion resistance, it found out that it was effective to reduce aluminum and N which are an impurity.

[0005] As above-mentioned The means for solving a technical problem, then, the tool steel between high toughness heat of this invention By weight %, (1) C:0.20-0.60%, Si:0.10-0.50%, Mn: 0.5-2.0%, nickel:0.5-2.5%, Cr:1.0-4.0%, V:0.05 - 1.00%, less than [ aluminum:0.01% ], N : 60 ppm or less are contained. Furthermore two (in however, the cases of two sorts 1/2W+Mo: 0.2 - 2.0%) of any one sort or Mo:0.2-2.0% and W:0.2 - 4.0% of sorts are contained, and it consists of the remainder Fe and an unescapable impurity, (2) Less than [ Co:2.0% ] was further added for the above-mentioned steel component at the steel component of having added 0.15% and Nb:0.01 - (3) above (1), Or it is characterized by adding Nb:0.01-0.15% and less than [ Co:2.0% ] further for the steel component of (4) above (1).

[0006]

[Function] Next, the reason for limitation of this component is explained.

[0007] C is an element which forms carbide by annealing while raising the reinforcement and the hardenability of penetration and a matrix in a matrix by quenching and tempering, and gives high temperature strength and abrasion resistance. Therefore, the minimum was made into 0.20% in order to secure the above-mentioned property. However, since toughness and elevated-temperature softening resistance were reduced when many [ too ], the upper limit was made into 0.60%.

[0008] Si is useful as a deoxidizer. Since it is necessary to stop aluminum most used abundantly as a deoxidizer in this invention for the improvement in toughness to 0.01% or less, as a deoxidizer, Si is mainly used. For that purpose, 0.10% or more needs to be added. Si raises the oxidation resistance between heat again. However, since toughness was reduced when it exceeded 0.50%, it could be 0.50% or less.

[0009] Mn is an element which delays generation of the bainite to which high temperature strength is reduced, and is required also as a deoxidizer, and in order to secure such effectiveness, 0.5% or more of addition is required for it. However, when it added too much, while reducing toughness, since annealing hardness is made high and machinability was reduced, it could be 2.0% or less.

[0010] nickel is an element which raises hardenability and toughness, and effective effectiveness shows up by 0.5% or more of addition. However, since high temperature strength was reduced when it exceeded 2.5%, it could be 2.5% or less.

[0011] Cr is an element which hardenability, elevated-temperature softening resistance, and high temperature strength are raised by moderate addition, and combines with C, forms carbide further and raises abrasion resistance, and in order to acquire such effectiveness, 1.0% or more of addition is required for it. However, since condensation of Cr carbide is caused and elevated-temperature softening resistance was reduced when it added exceeding 4.0%, the upper limit was made into 4.0%.

[0012] V is an element which raises abrasion resistance and elevated-temperature softening resistance, and effectiveness is acquired by 0.05% or more of addition. However, since carbide is formed superfluously and toughness was reduced when it added exceeding 1.0%, the upper limit was made into 1.0%.

[0013] aluminum is regularly used as a deoxidizer and is usually contained about 0.02% by aluminum killed steel. However, as shown in drawing 2, when aluminum degraded toughness and it exceeded 0.01% in this invention, this phenomenon found out appearing notably. High toughness is restricted to 0.01% or less with this invention steel by which it is characterized.

[0014] About 130 ppm of N are contained in the usual arc furnace dissolution. However, since toughness was greatly reduced when N exceeded 60 ppm as this invention was shown in drawing 1, high toughness was set to 60 ppm or less with this invention steel by which it is characterized. Therefore, when this invention steel was ingoted with an arc furnace, degasifying processing was performed and especially degasifying time amount was made twice usual.

[0015] Mo and W form detailed carbide by annealing, and raise high temperature strength and elevated-temperature softening resistance. However, the amount of W for acquiring this effectiveness is the 2 double need for the amount of Mo. Therefore, in order to acquire such effectiveness, 0.2% or more needs to be added of Mo equivalent ( $1/2 W + Mo$ ). Moreover, too much addition generated huge carbide and a segregation, and since toughness was reduced, the upper limit was made into 2.0% with Mo equivalent ( $1/2 W + Mo$ ).

[0016] Nb raises toughness by forming the carbide which cannot dissolve easily and controlling big and rough-ization of austenite crystal grain at the time of hardening heating while raising abrasion resistance and elevated-temperature softening resistance. In this invention, when you need high toughness especially, it adds Nb. In order to acquire the above effectiveness, 0.01% or more needs to be added. However, since carbide is formed superfluously and toughness was reduced when it added exceeding 0.15%, the upper limit was made into 0.15%.

[0017] Co raises high temperature strength by controlling condensation big and rough-ization of reinforcement and carbide. In this invention, when you need high high temperature strength especially, it adds Co. However, since toughness was reduced when it added superfluously exceeding 2.0%, the upper limit was made into 2.0%.

[0018]

[Example] Hereafter, an example explains a detail for this invention.

[0019] Tapping of the 14 heat of A-N shown in Table 1 was carried out with 100kg vacuum induction melting furnace, it cast to the ingot with a pitch diameter of 190mm, cogging of this was carried out to 30mm of diameters, it considered as the test specimen, and the property of each test specimen was examined.

[0020]

[Table 1]

供試材 No	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Al	N	Nb	Co	備考
A	0.52	0.35	1.01	1.60	1.41	0.30	0.15	0.15	0.006	48	—	—	第1発明鋼
B	0.35	0.35	1.26	2.00	3.08	1.25	—	0.57	0.002	46	—	—	”
C	0.37	0.47	0.35	0.57	3.86	1.94	—	0.07	0.007	51	—	—	”
D	0.42	0.16	1.92	2.40	1.15	—	1.02	0.37	0.005	52	0.14	—	第2発明鋼
E	0.47	0.25	0.41	1.21	3.92	0.13	0.25	0.23	0.003	58	0.06	—	”
F	0.58	0.32	0.36	1.82	3.15	1.21	—	0.96	0.005	43	—	0.38	第3発明鋼
G	0.24	0.25	1.24	1.98	2.23	0.45	—	0.13	0.004	56	—	1.92	”
H	0.38	0.24	0.96	2.04	1.87	0.43	0.72	0.76	0.008	49	0.08	1.22	第4発明鋼
I	0.53	0.29	0.93	1.64	0.95	0.31	—	0.25	0.022	131	—	—	SKT4
J	0.38	0.57	0.78	1.82	2.43	1.38	—	0.09	0.004	63	—	—	—
K	0.51	0.21	0.26	2.01	3.84	—	0.36	0.25	0.013	52	—	—	—
L	0.62	0.35	0.54	—	4.23	0.38	1.21	0.75	0.006	63	—	—	—
M	0.45	0.34	0.84	2.15	2.07	0.84	—	1.04	0.016	51	0.23	—	—
N	0.23	0.21	1.24	1.67	3.86	1.15	3.04	0.47	0.008	68	—	2.34	—

[0021] Each test method is shown below.

1) To the test piece of 10mm x die length of 55mm of JIS No. 3 angles, and U notch, hardening temper of the Charpy impact test was carried out, and it examined in ordinary temperature so that it might be set to 44HRC.

2) To the test piece with a parallel part diameter [ of 5mm ], and a gage length of 25mm, hardening temper of the elevated temperature tensile test was carried out, and it examined at 600 degrees C so that it might be set to 44HRC.

[0022] The test result is shown in Table 2.

[0023]

[Table 2]

供試材 No		シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	600℃引張り特性			
			0.2% 耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張り 強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)
本 発 明 鋼	A	85.3	334	592	42.1	85.6
	B	82.5	592	768	38.4	80.6
	C	69.9	645	791	37.4	79.5
	D	79.6	410	632	41.7	84.3
	E	88.4	486	701	40.5	82.1
	F	66.2	705	833	37.1	78.9
	G	69.6	671	817	38.3	80.6
	H	75.1	697	825	34.5	77.5
比 較 鋼	I	51.1	303	569	33.5	75.8
	J	62.3	600	771	32.1	71.6
	K	52.4	614	796	29.5	69.2
	L	55.7	576	755	30.6	72.3
	M	47.3	623	783	30.7	70.4
	N	49.8	711	850	28.3	67.8

[0024] As shown in Table 2, compared with comparison steel (I-N), as for this invention steel (A-H), it became clear that Charpy impact value and the elongation in an elevated-temperature tensile test, and a diaphragm are the outstanding steel.

[0025] Furthermore, tapping of the steel type to which it changed six levels of N and aluminum of A steel at a time as an additional trial, respectively was carried out, and the Charpy test was investigated with the JIS number test piece. A result is shown in drawing 1 and drawing 2. These drawings show that toughness improves remarkably by the fall of aluminum and N. That is, this invention steel shows that it is very pile steel about a large crack, a chip, etc. at a lifting.

[0026] The metal mold which consists of arc furnace dissolution steel of a component almost equal to the component of this invention steel A of Table 1 was used for hot forging of a crankshaft. This metal mold dimension is [ 38HRC(s) and the work material of 550x500x1100mm and metal mold hardness ] non-heat-treated steel. Conventionally, with steel, since wear or a crack occurs on a mold front face in about 2000 shots, this metal mold is used each time, again it. If it corrects, for example, RISHINKU becomes 4 times and 5 times in I steel of Table 1 which is steel conventionally, in order that a diesinking side may approach the core of a material, a crack occurs in a diesinking side at a use early stage, and it becomes \*\*\*\*. However, in this invention steel A, as the improvement in toughness of a core showed to Table 3, also in RISHINKU, a die service life hardly fell 6 times, but the high life was acquired.

[0027]

[Table 3]

鍛造金型の寿命

リシンク	従来鋼 I	発明鋼(Aと同等材)
0回目	1853 $\mu$ m	1958 $\mu$ m
1回目	1688 $\mu$ m	1851 $\mu$ m
2回目	1776 $\mu$ m	1987 $\mu$ m
3回目	1068 $\mu$ m	1785 $\mu$ m
4回目	812 $\mu$ m	1830 $\mu$ m
5回目	—	1521 $\mu$ m
合 計	7197 $\mu$ m	11042 $\mu$ m

[0028]

[Effect of the Invention] As stated above, conventionally, this invention steel is the tool steel between high toughness heat which suppressed generating of a chip and a large crack compared with steel, and since hardenability is also excellent, it can expect the improvement in a life by using it for the large-sized metal mold which results in a life by the crack, or the big metal mold of a use load.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-102342

(43)公開日 平成7年(1995)4月18日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1 H			
38/46				

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平5-269554	(71)出願人	000180070 山陽特殊製鋼株式会社 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地
(22)出願日	平成5年(1993)10月1日	(72)発明者	高杉 昌志 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 山陽特殊製鋼株式会社内
		(72)発明者	辻井 信博 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 山陽特殊製鋼株式会社内
		(72)発明者	阿部 源隆 兵庫県姫路市飾磨区中島字一文字3007番地 山陽特殊製鋼株式会社内
		(74)代理人	弁理士 横井 健至

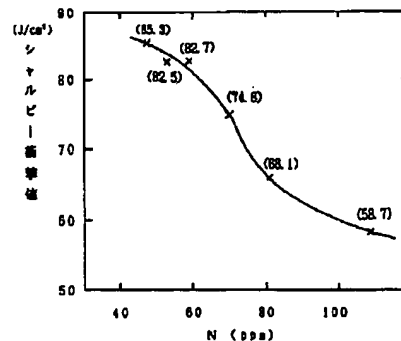
(54)【発明の名称】 高靱性熱間工具鋼

(57)【要約】

【目的】 大型あるいは使用負荷の大きい熱間加工用の金型の靱性不足によるコーナー部からの大割れや欠けを防止し、寿命向上のために強度および耐摩耗性を低下させることなく靱性を向上させることである。

【構成】 重量%で、C:0.20~0.60%、Si:0.10~0.50%、Mn:0.5~2.0%、Ni:0.5~2.5%、Cr:1.0~4.0%、V:0.05~1.00%、Al:0.01%以下、N:60ppm以下を含有し、さらにMo:0.2~2.0%、W:0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種(ただし、2種の場合、 $1/2W+Mo:0.2\sim2.0\%$ )を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなることを特徴とする高靱性熱間工具鋼。

【効果】 AlとN(図1参照)の低下によって靱性は著しく向上する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C : 0.20~0.60%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.5~2.0%、Ni : 0.5~2.5%、Cr : 1.0~4.0%、V : 0.05~1.00%、Al : 0.01%以下、N : 60ppm以下を含有し、さらにMo : 0.2~2.0%、W : 0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種（ただし、2種の場合、1/2W+Mo : 0.2~2.0%）を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなることを特徴とする高靱性熱間工具鋼。

【請求項2】 重量%で、C : 0.20~0.60%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.5~2.0%、Ni : 0.5~2.5%、Cr : 1.0~4.0%、V : 0.05~1.00%、Nb : 0.01~0.15%、Al : 0.01%以下、N : 60ppm以下を含有し、さらにMo : 0.2~2.0%、W : 0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種（ただし、2種の場合、1/2W+Mo : 0.2~2.0%）を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなることを特徴とする高靱性熱間工具鋼。

【請求項3】 重量%で、C : 0.20~0.60%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.5~2.0%、Ni : 0.5~2.5%、Cr : 1.0~4.0%、V : 0.05~1.00%、Co : 2.0%以下、Al : 0.01%以下、N : 60ppm以下を含有し、さらにMo : 0.2~2.0%、W : 0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種（ただし、2種の場合、1/2W+Mo : 0.2~2.0%）を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなることを特徴とする高靱性熱間工具鋼。

【請求項4】 重量%で、C : 0.20~0.60%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.5~2.0%、Ni : 0.5~2.5%、Cr : 1.0~4.0%、V : 0.05~1.00%、Nb : 0.01~0.15%、Co : 2.0%以下、Al : 0.01%以下、N : 60ppm以下を含有し、さらにMo : 0.2~2.0%、W : 0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種（ただし、2種の場合、1/2W+Mo : 0.2~2.0%）を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなることを特徴とする高靱性熱間工具鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ハンマー型鍛造用などの大型あるいは使用負荷の大きい熱間鍛造金型等に使用される特に高靱性の熱間工具鋼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】熱間で使用されるハンマー型鍛造用などの大型金具や使用負荷の大きい金型には、従来からSK T4種またはその改良鋼種が使用されているが、工程数

を減らし高サイクル化した金型の使用条件や製品の複雑化に伴う無理な型彫り等の結果によっては、靱性不足により金型はコーナー部から大割れや欠けを生じる場合があった。このため、熱間工具鋼の化学成分の低Si化、低P化、低C化や、Ni添加、あるいはCrの含有量の増大などが行われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は、大型あるいは使用負荷の大きい金型の靱性不足によるコーナー部からの大割れや欠けを防止し、寿命向上のために強度および耐摩耗性を低下させることなく靱性を向上させることである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】熱間工具鋼の靱性を向上させるために、従来の鋼成分について多くの改良研究を重ねた結果、本発明者らは、強度および耐摩耗性を低下させることなく靱性を向上させるためには、不純物であるAlおよびNを低下させることが有効であることを、見出した。

【0005】そこで、上記の課題を解決するための手段として、本発明の高靱性熱間工具鋼は、重量%で、

(1) C : 0.20~0.60%、Si : 0.10~0.50%、Mn : 0.5~2.0%、Ni : 0.5~2.5%、Cr : 1.0~4.0%、V : 0.05~1.00%、Al : 0.01%以下、N : 60ppm以下を含有し、さらにMo : 0.2~2.0%、W : 0.2~4.0%のうちいずれか1種または2種（ただし、2種の場合、1/2W+Mo : 0.2~2.0%）を含有し、残部Feおよび不可避の不純物からなること、(2) 上記の鋼成分に、さらに、Nb : 0.01~0.15%添加したこと、(3) 上記(1)の鋼成分に、さらに、Co : 2.0%以下を添加したこと、あるいは、(4) 上記(1)の鋼成分に、さらに、Nb : 0.01~0.15%、および、Co : 2.0%以下を添加したことを特徴とする。

## 【0006】

【作用】次に本成分の限定理由について述べる。

【0007】Cは、焼入焼戻しによりマトリックス中に溶け込み、マトリックスの強度および焼入れ性を向上させると共に焼戻しにより炭化物を形成し、高温強度および耐摩耗性を与える元素である。従って、上記の特性を確保するために下限を0.20%とした。ただし、多すぎると靱性および高温軟化抵抗性を低下させることから上限を0.60%とした。

【0008】Siは、脱酸剤として有用である。本発明においては靱性向上のために脱酸剤として最も多用されるAlを0.01%以下に抑える必要があるため、脱酸剤としてはSiを主に用いる。そのためには0.10%以上の添加が必要である。Siは、また、熱間での耐酸化性を向上させる。しかし、0.50%を超えると靱性

を低下させることから0.50%以下とした。

【0009】Mnは、高温強度を低下させるベイナイトの生成を遅らせる元素であり、また脱酸剤としても必要で、これらの効果を確保するためには0.5%以上の添加が必要である。しかし、過度に添加すると靱性を低下させると共に、焼きなまし硬さを高くし被削性を低下させることから2.0%以下とした。

【0010】Niは、焼入れ性および靱性を向上させる元素であり、0.5%以上の添加により有効な効果が現れる。しかしながら、2.5%を超えると高温強度を低下させることから2.5%以下とした。

【0011】Crは、適度な添加により焼入れ性、高温軟化抵抗性および高温強度を向上させ、さらに、Cと結合して炭化物を形成し耐摩耗性を向上させる元素であり、これらの効果を得るためには1.0%以上の添加が必要である。しかし、4.0%を超えて添加するとCr炭化物の凝集を招き、高温軟化抵抗性を低下させることから上限を4.0%とした。

【0012】Vは、耐摩耗性および高温軟化抵抗性を向上させる元素であり、0.05%以上の添加で効果が得られる。しかし、1.0%を超えて添加すると過剰に炭化物を形成し靱性を低下させることから上限を1.0%とした。

【0013】Alは、脱酸剤として常用され、Al脱酸鋼では通常0.02%程度含まれている。しかし、図2に示すように、本発明においては、Alは靱性を劣化させ、0.01%を超えると、この現象が顕著に現れることを見出した。高靱性を特徴とする本発明鋼では0.01%以下に制限する。

【0014】Nは、通常のアーク炉溶解においては130ppm程度含まれる。しかし、本発明においては図1に示すように、Nが60ppmを超えると靱性を大きく低下させることから高靱性を特徴とする本発明鋼では60ppm以下とした。そのため本発明鋼をアーク炉によ

り溶製する場合は、脱ガス処理を行い、特に脱ガス時間を通常の2倍とした。

【0015】MoおよびWは、焼戻しにより微細な炭化物を形成し、高温強度および高温軟化抵抗性を向上させる。ただし、この効果を得るためのW量はMo量の2倍必要である。よってこれらの効果を得るためにはMo当量 $(1/2W+Mo)$ で0.2%以上の添加が必要である。また、過度の添加により巨大炭化物および偏析を生成し、靱性を低下させることから上限をMo当量 $(1/2W+Mo)$ で2.0%とした。

【0016】Nbは、耐摩耗性および高温軟化抵抗性を向上させるとともに、固溶しにくい炭化物を形成し、焼入れ加熱時にオーステナイト結晶粒の粗大化を抑制することにより、靱性を向上させる。本発明において、特に高い靱性を必要とする場合にNbを添加する。以上の効果を得るために0.01%以上の添加が必要である。ただし、0.15%を超えて添加すると過剰に炭化物を形成し、靱性を低下させることから上限を0.15%とした。

【0017】Coは、強度および炭化物の凝集粗大化を抑制することにより高温強度を向上させる。本発明において、特に高い高温強度を必要とする場合にはCoを添加する。しかし、2.0%を超えて過剰に添加すると靱性を低下させることから上限を2.0%とした。

【0018】

【実施例】以下、本発明を実施例により、詳細を説明する。

【0019】表1に示したA～Nの14ヒートを100kg真空誘導溶解炉にて出鋼し、平均径190mmの錠塊に鋳込み、これを径30mmに鍛伸して供試材とし、各供試材の特性を試験した。

【0020】

【表1】

供試材 No	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Al	N	Nb	Co	備考
A	0.52	0.35	1.01	1.60	1.41	0.30	0.15	0.15	0.006	48	—	—	第1発明鋼
B	0.35	0.13	1.26	2.00	3.08	1.25	—	0.57	0.002	46	—	—	〃
C	0.37	0.47	0.35	0.57	3.86	1.94	—	0.07	0.007	51	—	—	〃
D	0.42	0.16	1.92	2.40	1.15	—	1.02	0.37	0.005	52	0.14	—	第2発明鋼
E	0.47	0.25	0.41	1.21	3.92	0.13	0.25	0.23	0.003	58	0.06	—	〃
F	0.58	0.32	0.35	1.82	3.15	1.21	—	0.96	0.005	43	—	0.38	第3発明鋼
G	0.24	0.25	1.24	1.98	2.23	0.45	—	0.13	0.004	56	—	1.92	〃
H	0.38	0.24	0.96	2.04	1.87	0.43	0.72	0.76	0.008	49	0.08	1.22	第4発明鋼
I	0.53	0.29	0.93	1.64	0.95	0.31	—	0.25	0.022	131	—	—	SKT4
J	0.38	0.57	0.78	1.82	2.43	1.38	—	0.09	0.004	63	—	—	〃
K	0.51	0.21	0.26	2.01	3.84	—	0.36	0.25	0.013	52	—	—	〃
L	0.62	0.35	0.54	—	4.23	0.38	1.21	0.75	0.006	63	—	—	〃
M	0.45	0.34	0.84	2.15	2.07	0.84	—	1.04	0.016	51	0.23	—	〃
N	0.23	0.21	1.24	1.67	3.86	1.15	3.04	0.47	0.008	68	—	2.34	〃

【0021】各試験方法を次に示す。

1) シャルピー衝撃試験は、JIS3号角10mm×長さ5mm、Uノッチの試験片に対し、44HRCになるように焼入焼戻して常温で試験を行った。

2) 高温引張試験は平行部径5mm、ゲージ長さ25mm\*

\* mの試験片に対し、44HRCになるように焼入焼戻して600℃で試験を行った。

【0022】その試験結果を表2に示す。

【0023】

【表2】

7		8				
供試材 No		シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	600℃引張り特性			
			0.2% 耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張り 強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	絞り (%)
本 発 明 鋼	A	85.3	334	592	42.1	85.6
	B	82.5	592	768	38.4	80.6
	C	69.9	646	791	37.4	79.5
	D	79.6	410	632	41.7	84.3
	E	88.4	486	701	40.5	82.1
	F	66.2	705	833	37.1	78.9
	G	69.6	671	817	38.3	80.6
	H	75.1	697	825	34.5	77.5
比 較 鋼	I	51.1	303	569	33.5	75.8
	J	62.3	600	771	32.1	71.6
	K	52.4	614	796	29.5	69.2
	L	55.7	576	755	30.6	72.3
	M	47.3	623	783	30.7	70.4
	N	49.8	711	850	28.3	67.8

【0024】表2に示すように、本発明鋼(A～H)は比較鋼(I～N)に比べてシャルピー衝撃値および高温引張り試験での伸び、絞りが優れた鋼であることが明らかになった。

【0025】さらに、追加試験としてA鋼のNとA1をそれぞれ6水準ずつ変化させた鋼種を出鋼し、JIS号試験片によりシャルピー試験を調査した。結果を図1および図2に示す。これらの図よりA1とNの低下によ

【0026】表1の本発明鋼Aの成分にほぼ等しい成分のアーケ炉溶解鋼からなる金型をクランクシャフトの熱間鍛造に用いた。この金型寸法は550×500×1100mm、金型硬さは38HRC、被加工材は非調質鋼である。従来鋼ではこの金型は2000ショット程度で型表面に摩耗または割れが発生するため、その都度再度リシンクして使用している。ただし、例えば従来鋼である表1のI鋼ではリシンクが4回、5回となると型彫り面が素材の中心部に近づくため、使用早期に型彫り面に割れが発生し、廃型となる。しかし、本発明鋼Aでは中心部の靱性向上により表3に示すように、6回リシンクにおいても型寿命がほとんど低下せず、高寿命が得られた。

\*【0027】

【表3】

鍛造金型の寿命

リシンク	従来鋼 I	発明鋼(Aと同等材)
0回目	18537ショット	19587ショット
1回目	16887ショット	19517ショット
2回目	17767ショット	19877ショット
3回目	10687ショット	17957ショット
4回目	8127ショット	18307ショット
5回目	—	15217ショット
合 計	71977ショット	110427ショット

【0028】

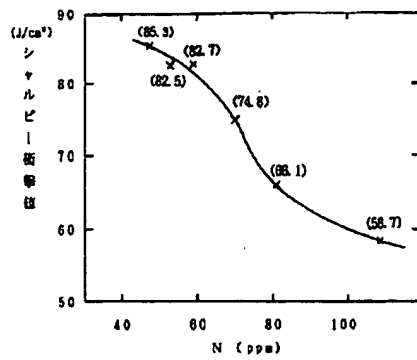
【発明の効果】以上に述べたように、本発明鋼は、従来鋼に比べ、欠けおよび大割れの発生を抑えた高靱性熱間工具鋼であり、焼入れ性も優れていることから、割れにより寿命に至る大型金型や使用負荷の大きな金型に使用することにより、寿命向上が期待できる。

【図面の簡単な説明】

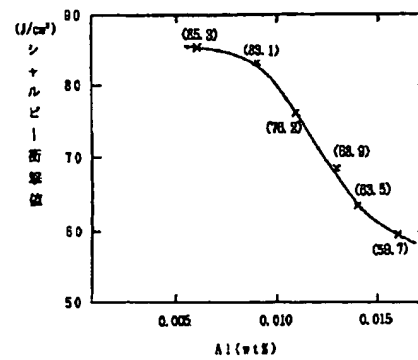
【図1】熱間工具鋼のシャルピー衝撃値に及ぼす窒素含有量の影響を示す図である。

【図2】熱間工具鋼のシャルピー衝撃値に及ぼすアルミニウム含有量の影響を示す図である。

【図1】



【図2】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images  
problems checked, please do not report the  
problems to the IFW Image Problem Mailbox**